



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112687419 B

(45) 授权公告日 2022.04.12

(21) 申请号 202011505229.2

G21F 9/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.18

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112687419 A

CN 107051957 A, 2017.08.18
US 2001017198 A1, 2001.08.30
CN 1863625 A, 2006.11.15
JP S62129795 A, 1987.06.12

(43) 申请公布日 2021.04.20

US 4047103 A, 1977.09.06
CN 104374592 A, 2015.02.25
JP H0777600 A, 1995.03.20

(73) 专利权人 岭东核电有限公司
地址 518048 广东省深圳市福田区深南大道2002福中三路中广核大厦17层

US 6037517 A, 2000.03.14
US 5436384 A, 1995.07.25
US 4306970 A, 1981.12.22
CN 108380596 A, 2018.08.10
CN 101002285 A, 2007.07.18

专利权人 中广核研究院有限公司
中国广核集团有限公司
中国广核电力股份有限公司

(72) 发明人 周高飞 李海阳 蒋光煜 谭璞
赵剑刚 彭浩 张守杰 崔大伟

谢淳 等. 快堆钠设备清洗方法综述. 《核科学与工程》. 2013, 第33卷 (第2期),

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限公司 44224

审查员 华艳

代理人 李睿

(51) Int. Cl.

G21F 9/12 (2006.01)

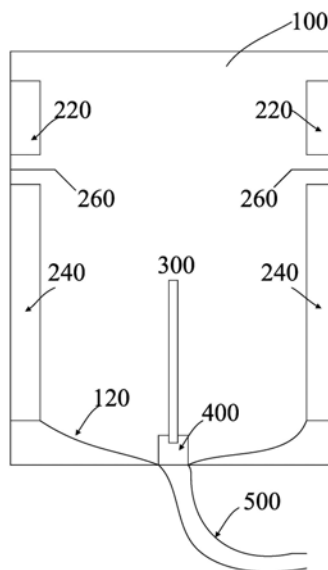
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

乏燃料除金属井及去除乏燃料上液态金属的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种乏燃料除金属井,包括:中空井本体;吊装组件,所述吊装组件用于带动待清洁乏燃料在所述中空井本体内部运动,所述乏燃料上具有液态金属;三相交变磁组件,用于提供与所述待清洁乏燃料运动方向相互垂直的三相交变磁场;电磁组件,用于提供电磁场,所述电磁组件为围绕所述中空井本体的内壁螺旋缠绕的通电线圈;所述电磁组件位于所述三相交变磁组件的下部。本发明还公开了一种去除乏燃料上液态金属的方法。



1. 一种乏燃料除金属井,其特征在于,包括:
中空井本体;
吊装组件,所述吊装组件用于带动待清洁乏燃料在所述中空井本体内部运动,所述乏燃料上具有液态金属;
三相交变磁组件,用于提供与所述待清洁乏燃料运动方向相互垂直的三相交变磁场,所述三相交变磁场的方向为水平方向;
电磁组件,用于提供电磁场,所述电磁组件为围绕所述中空井本体的内壁螺旋缠绕的通电线圈,所述通电线圈的轴向为竖直方向;
所述电磁组件位于所述三相交变磁组件的下部;
所述吊装组件能够带动待清洁乏燃料依次经过所述三相交变磁组件形成的三相交变磁场区域和所述电磁组件形成的电磁场区域,使得所述待清洁的乏燃料上的液态金属运动至所述中空井本体的内侧壁上并沿所述内侧壁落入所述中空井本体的底部。
2. 根据权利要求1所述的乏燃料除金属井,其特征在于,所述交变磁场的高度与所述电磁场高度比例为1:(1.5~2.5)。
3. 根据权利要求1所述的乏燃料除金属井,其特征在于,所述电磁组件上部设有惰性气体吹扫装置。
4. 根据权利要求3所述的乏燃料除金属井,其特征在于,所述惰性气体吹扫装置的气体吹扫方向与竖直方向呈 30° ~ 45° 。
5. 根据权利要求3所述的乏燃料除金属井,其特征在于,所述惰性气体吹扫装置设置于所述三相交变磁组件与所述电磁组件之间。
6. 根据权利要求1所述的乏燃料除金属井,其特征在于,所述中空井本体的底面为漏斗形底面。
7. 根据权利要求6所述的乏燃料除金属井,其特征在于,所述漏斗形底面的中心设有液态金属出口,所述液态金属出口与所述中空井本体外的液态金属导管连通。
8. 一种去除乏燃料上液态金属的方法,其特征在于,采用如权利要求1~7任一项所述的乏燃料除金属井,并包括以下步骤:
将待清洁的乏燃料固定在所述吊装组件上;
使所述待清洁的乏燃料向所述中空井本体的底部运动,依次经过所述三相交变磁组件形成的三相交变磁场区域和所述电磁组件形成的电磁场区域,使得所述待清洁的乏燃料上的液态金属运动至所述中空井本体的内侧壁上并沿所述内侧壁落入所述中空井本体的底部。
9. 根据权利要求8所述的去除乏燃料上液态金属的方法,其特征在于,所述待清洁的乏燃料在所述三相交变磁场区域的运动速度为 2.8 m/s ~ 3.2 m/s 。
10. 根据权利要求8所述的去除乏燃料上液态金属的方法,其特征在于,所述电磁组件的通电线圈中的通电电流为 8 A ~ 10 A 。
11. 根据权利要求10所述的去除乏燃料上液态金属的方法,其特征在于,所述待清洁的乏燃料在所述电磁场区域的运动速度为 2.8 m/s ~ 3.2 m/s 。
12. 根据权利要求8所述的去除乏燃料上液态金属的方法,其特征在于,包括向所述乏燃料除金属井自上而下吹扫惰性气体的步骤,吹扫压力为 0.4 MPa ~ 0.6 MPa 。

乏燃料除金属井及去除乏燃料上液态金属的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及乏燃料后处理技术领域,特别是涉及乏燃料除金属井及去除乏燃料上液态金属的方法。

背景技术

[0002] 核电的使用是人类在能源利用史上的一个重大突破,利用原子核的裂变反应,核燃料能够产生其他所有传统化石能源所无法比拟的高能量输出,并且,这些高能量输出往往只需要耗费少量的核燃料。这种低投入高产出的特性,使得人类日益重视对核能的利用,并不断加大在核能领域的研究开发,时至今日,核能已经成为世界上许多国家的重要能源组成部分。然而,核电在具有极高利用价值的同时,其所可能带来的危害也令人们谈核色变。在使用核电的过程中,如果保护不当而致使出现核泄漏等重大事故,将会对核电厂周边的环境乃至全人类带来及其严重的核污染灾害,因此,如何在对核能的开发利用过程中保证其安全性,是一个极其重要的研究课题。

[0003] 乏燃料是指在反应堆内进行一定时间的裂变反应之后,达到了设计燃耗而被卸载出反应堆的核燃料。由于被卸载后的乏燃料仍会在相当长的时间内继续产生衰变热,因此现有的压水堆核电厂通常会将乏燃料组件储存在乏燃料水池内并利用乏燃料水池的冷却系统对乏燃料进行冷却,将其产生的热量排出至最终热阱(大气、江河、大海等),被冷却后的乏燃料可以进行溶解等后处理,以提取尚有利用价值的核素。

[0004] 对于液态金属快堆,在乏燃料从反应堆堆芯取出后,乏燃料组件会附着金属冷却剂,而附着的金属冷却剂会给乏燃料组件的贮存带来安全隐患,因此在乏燃料组件放入乏燃料水池进行贮存之前,需对其进行清洗,除去乏燃料组件表面粘附的金属冷却剂。对于钠冷快堆,现有方法是将乏燃料组件转至乏燃料除金属井后,利用氩气保护下的氩-水蒸气来清除乏燃料表面粘附的钠冷却剂,水蒸气能够与钠发生化学反应,并产生 H_2 ;而破损的乏燃料组件则在高温铅封井内利用高温铅对组件进行铅封处理;从乏燃料除金属井中排出的含 H_2 能够作为清洗过程进行程度的辨别指标,通过 H_2 的排放量判断清洗的程度。对于反应能力差的金属反应堆,例如铅基快堆,由于铅的化学性质跟钠不同,钠冷快堆的乏燃料清洗方法不适用于铅基快堆,而目前铅基快堆的研究还处于初步阶段,暂无提出合适的乏燃料除铅冷却剂的方法。

发明内容

[0005] 基于此,有必要铅基反应堆上铅难以去除的问题,提供一种乏燃料除金属井及去除乏燃料上液态金属的方法。

[0006] 一种乏燃料除金属井,包括:

[0007] 中空井本体;

[0008] 吊装组件,所述吊装组件用于带动待清洁乏燃料在所述中空井本体内部运动,所述乏燃料上具有液态金属;

[0009] 三相交变磁组件,用于提供与所述待清洁乏燃料运动方向相互垂直的三相交变磁场;

[0010] 电磁组件,用于提供电磁场,所述电磁组件为围绕所述中空井本体的内壁螺旋缠绕的通电线圈;

[0011] 所述电磁组件位于所述三相交变磁组件的下部。

[0012] 在其中一个实施例中,所述三相交变磁场的方向为水平方向。

[0013] 在其中一个实施例中,所述通电线圈的轴向为竖直方向。

[0014] 在其中一个实施例中,所述交变磁场的高度与所述电磁场高度比例为1:(1.5~2.5)。

[0015] 在其中一个实施例中,所述电磁组件上部设有惰性气体吹扫装置;优选的,所述惰性气体吹扫装置的气体吹扫方向与竖直方向呈 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$;优选的,所述惰性气体吹扫装置设置于所述三相交变磁组件与所述电磁组件之间。

[0016] 在其中一个实施例中,所述中空井本体的底面为漏斗形底面。

[0017] 在其中一个实施例中,所述漏斗形底面的中心设有液态金属出口,所述液态金属出口与所述中空井本体外的液态金属导管连通。

[0018] 一种去除乏燃料上液态金属的方法,采用所述的乏燃料除金属井,并包括以下步骤:

[0019] 将待清洁的乏燃料固定在所述吊装组件上;

[0020] 使所述待清洁的乏燃料向所述中空井本体的底部运动,依次经过所述三相交变磁组件形成的三相交变磁场区域和所述电磁组件形成的电磁场区域,使得所述待清洁的乏燃料上的液态金属运动至所述中空井本体的内侧壁上并沿所述内侧壁落入所述中空井本体的底部。

[0021] 在其中一个实施例中,所述待清洁的乏燃料在所述三相交变磁场区域的运动速度为 $2.8\text{m/s}\sim 3.2\text{m/s}$

[0022] 在其中一个实施例中,所述电磁组件的通电线圈中的通电电流为 $8\text{A}\sim 10\text{A}$ 。

[0023] 在其中一个实施例中,所述待清洁的乏燃料在所述电磁场区域的运动速度为 $2.8\text{m/s}\sim 3.2\text{m/s}$

[0024] 在其中一个实施例中,包括向所述乏燃料除金属井自上而下吹扫惰性气体的步骤,吹扫压力为 $0.4\text{MPa}\sim 0.6\text{MPa}$ 。

[0025] 本发明利用乏燃料除金属井对乏燃料上残存的液态金属进行去除处理,残留液态金属的乏燃料组件在吊装组件的带动下,以一定的速度进入乏燃料除金属井中,乏燃料除金属井从上到下的结构为:三相交变磁组件和电磁组件。附着在乏燃料上的液态金属在吊装组件的带动下以一定速度切割三相交变磁场的交变磁场时,会产生感应电流,在电磁场中,通有感应电流的液态金属在电磁场的作用下,被吸引至乏燃料除金属井的内侧壁,液态金属顺着内侧壁导流至乏燃料除金属井底部,实现乏燃料上液态金属的去除。

[0026] 另外,乏燃料除金属井内安装了惰性气体吹扫装置,高压惰性气体持续从上往下吹扫乏燃料组件,使部分液态金属在重力和惰性气体吹扫的作用下,落入乏燃料除金属井底部,配合磁场作用提高液态金属回收效率。

附图说明

- [0027] 图1为本发明一实施例的乏燃料除金属井的结构示意图；
[0028] 图2为本发明一实施例的三相交变磁组件结构示意图；
[0029] 图3为本发明另一实施例的三相交变磁组件结构示意图。

具体实施方式

[0030] 为了便于理解本发明，下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的较佳实施例。但是，本发明可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使对本发明的公开内容的理解更加透彻全面。

[0031] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0032] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

[0033] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0034] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0035] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“上”、“下”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的，并不表示是唯一的实施方式。

[0036] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本发明。本文所使用的术语“和/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0037] 对于核燃料反应堆，乏燃料从堆芯取出后，表面会粘附一定量的金属冷却剂。为了

消除残留在乏燃料表面的金属在乏燃料贮存时,对乏燃料组件的产生电腐蚀等不利影响,在乏燃料转至乏燃料水池进行贮存前,需进行乏燃料清洗操作,其主要目的是除去乏燃料表面粘附的金属及其他杂质。而目前对于金属基快堆的乏燃料清洗工艺尚无提出普遍可行的方案。

[0038] 对于铅基反应堆,乏燃料组件粘附的主要是液态铅。

[0039] 本发明结合液态铅的物理性质和清洗工艺特点,提出了一种可行的乏燃料清洗工艺方案:清洗过程不使用清洗剂,用电磁系统配合收集乏燃料表面的铅。还可配合惰性气的吹扫,提高收集效果。

[0040] 请参阅图1,本发明实施例提供一种乏燃料除金属井,包括:

[0041] 中空井本体100;

[0042] 吊装组件,所述吊装组件用于带动待清洁乏燃料300在所述中空井本体内部运动,所述乏燃料上具有液态金属;

[0043] 三相交变磁组件220,用于提供与所述待清洁乏燃料300运动方向相互垂直的三相交变磁场;

[0044] 电磁组件240,用于提供电磁场,所述电磁组件240为围绕所述中空井本体100的内壁螺旋缠绕的通电线圈;

[0045] 所述电磁组件240位于所述三相交变磁组件220的下部。

[0046] 本发明利用乏燃料除金属井对乏燃料上残存的液态金属进行去除处理,残留液态金属的乏燃料组件在吊装组件的带动下,以一定的速度进入乏燃料除金属井中,乏燃料除金属井从上到下的结构为:三相交变磁组件220和电磁组件240。附着在乏燃料上的液态金属在吊装组件的带动下以一定速度切割三相交变磁场的交变磁场时,会产生感应电流,在电磁场中,通有感应电流的液态金属在电磁场的作用下,被吸引至乏燃料除金属井的内侧壁,液态金属顺着内侧壁导流至乏燃料除金属井底部,实现乏燃料上液态金属的去除。

[0047] 在一些实施方式中,所述三相交变磁组件220的组成结构如图2和图3,可以为常规的形成三相交变磁场的结构,这里不再赘述。

[0048] 在一些实施方式中,所述三相交变磁场的方向为水平方向。(磁场强度大小呈正弦函数型)

[0049] 在一些实施方式中,所述通电线圈的轴向为竖直方向。

[0050] 在一些实施方式中,所述交变磁场的高度与所述电磁场高度比例为1:(1.5~2.5)。优选为1:2。

[0051] 在一些实施方式中,所述电磁组件240上部设有惰性气体吹扫装置260。乏燃料除金属井内壁上部安装了惰性气体吹扫装置260,高压惰性气体持续从上往下吹扫乏燃料组件,使部分液态金属在重力和惰性气体吹扫的作用下,落入乏燃料除金属井底部,最后从底部被引漏至液态金属导管500,然后从液态金属导管500流出。在乏燃料到达乏燃料除金属井底部的吊篮400后,在惰性气体的吹扫的作用下,静止一段时间,以便对乏燃料组件表面残留的液态金属进行最后的清洗和回收。

[0052] 惰性气体是指元素周期表上所有0族元素对应的气体,也称为稀有气体。在常温常压下,它们都是无色无味的单原子气体,很难进行化学反应。惰性气体可以是选自氦(He)、氖(Ne)、氩(Ar)、氪(Kr)、氙(Xe)、氡(Rn,放射性)、(气奥)(Og,放射性,人造元素)中的任意

一种气体。

[0053] 优选的,所述惰性气体吹扫装置260的气体吹扫方向与竖直方向夹角呈 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$,在该角度范围内既可以保证惰性气体能够吹扫到带有液态金属的乏燃料,并且该吹扫方向辐射到的范围广,能够节约惰性气体量。惰性气体吹扫方向与竖直方向呈一定角度,可以在重力、磁场力基础上给液态金属提供一个额外的吹扫力,在叠加力的作用下促进液态金属从乏燃料上脱离。具体的,该夹角可以为 30° 、 40° 、 45° 。

[0054] 优选的,所述惰性气体吹扫装置260设置于所述三相交变磁组件220与所述电磁组件240之间。惰性气体吹扫主要是作用于在电磁场运动的区域,因此,惰性气体吹扫装置260设在三相交变磁场下,能够充分利用惰性气体提供的吹扫力加速液态金属的滴落。

[0055] 在一些实施方式中,所述中空井本体100的底面为两侧向中心逐渐倾斜的斜面,形成漏斗形底面120。该漏斗形底面120可以为向井内部凹陷的弧面。漏斗形底面120的中部的高度小于侧部的高度。

[0056] 在一些实施方式中,所述漏斗形底面120的中心可设有液态金属出口,所述液态金属出口与所述中空井本体100外的液态金属导管500连通,通过液态金属管将乏燃料除金属井底部的液态金属引流至外部进行收集。

[0057] 在一些实施方式中,乏燃料除金属井底部设置有乏燃料吊篮400,乏燃料随吊装组件移动至中空井本体100底部时,被乏燃料除金属井中的乏燃料吊篮400接收,避免乏燃料与中空井本体100底部清洗下来的液态金属发生二次接触。乏燃料吊篮400可设置于中空井本体100的底面的中心,例如设置于漏斗形底面120的中部。乏燃料吊篮400优选为主体无空隙的结构,从而可以避免底部清洗下来的液态金属渗流入吊篮400中。

[0058] 本发明实施例还提供一种去除乏燃料上液态金属的方法,采用所述的乏燃料除金属井,并包括以下步骤:

[0059] 将待清洁的乏燃料固定在所述吊装组件上;

[0060] 使所述待清洁的乏燃料向所述中空井本体100的底部运动,依次经过所述三相交变磁组件220形成的三相交变磁场区域和所述电磁组件240形成的电磁场区域,使得所述待清洁的乏燃料上的液态金属运动至所述中空井本体100的内侧壁上并沿所述内侧壁落入所述中空井本体100的底部。

[0061] 在一些实施方式中,所述电磁组件240的通电线圈中的通电电流为 $8\text{A}\sim 10\text{A}$ 。

[0062] 待清洁的乏燃料在磁场中的运动速度与液态金属的去除密切相关,如果运动速度过快,则可能磁场来不及将液态金属吸引至内侧壁就已经达到井底部。如果运动速度过慢则可能切割磁感线产生的感应电流过弱,则造成电磁场对液态金属的吸引力不足以使其从乏燃料上去除。

[0063] 在一些实施方式中,所述待清洁的乏燃料在所述三相交变磁场区域的运动速度为 $2.8\text{m/s}\sim 3.2\text{m/s}$

[0064] 在一些实施方式中,所述待清洁的乏燃料在所述电磁场区域的运动速度为 $2.8\text{m/s}\sim 3.2\text{m/s}$

[0065] 在一些实施方式中,包括向所述乏燃料除金属井自上而下吹扫惰性气体的步骤,吹扫压力为 $0.4\text{MPa}\sim 0.6\text{MPa}$ 。例如可以为 0.4MPa 、 0.45MPa 、 0.5MPa 、 0.55MPa 、 0.6MPa 。

[0066] 优选的,待乏燃料组件静止在乏燃料除金属井下部时,关闭电磁组件电源,电磁场

区域收集的液态金属顺着内侧壁引至乏燃料除金属井底部斜面,然后被引漏至液态金属导管500。

[0067] 以下为铅基乏燃料除液态铅的具体方案描述如下:

[0068] 请参阅图1和图2,乏燃料除金属井,包括:中空井本体100、吊装组件、三相交变磁组件220、电磁组件240。吊装组件用于带动待清洁乏燃料300在所述中空井本体内部运动,所述乏燃料上具有液态金属。三相交变磁组件220,用于提供与所述待清洁乏燃料300运动方向相互垂直的三相交变磁场。电磁组件240,用于提供电磁场,所述电磁组件240为围绕所述中空井本体100的内壁螺旋缠绕的通电线圈。所述电磁组件240位于所述三相交变磁组件220的下部。三相交变磁场的方向为水平方向。电磁组件240的通电线圈的轴向为竖直方向。交变磁场的高度与所述电磁场高度比例为1:2。三相交变磁组件220与电磁组件240之间设有惰性气体吹扫装置260。惰性气体吹扫装置260的气体吹扫方向与竖直方向呈 40° 。吹扫的惰性气体为氩气。中空井本体100的底面为漏斗形底面120。漏斗形底面120的中心设有液态金属出口,液态金属出口与中空井本体100外的液态金属导管500连通。具体除乏燃料上的液态铅的步骤为:将待清洁的乏燃料固定在所述吊装组件上,使所述待清洁的乏燃料向所述中空井本体100的底部运动,依次经过所述三相交变磁组件220形成的三相交变磁场区域和所述电磁组件240形成的电磁场区域,使得所述待清洁的乏燃料上的液态金属运动至所述中空井本体100的内侧壁上并沿所述内侧壁落入所述中空井本体100的底部。其中,待清洁的乏燃料在所述三相交变磁场区域的运动速度为 3m/s 。电磁组件240的通电线圈中的通电电流为 10A 。待清洁的乏燃料在所述电磁场区域的运动速度为 2.8m/s 。向所述乏燃料除金属井自上而下吹扫惰性气体的步骤,吹扫压力为 0.5MPa 。

[0069] 乏燃料从反应堆厂房吊运至布置于乏燃料水池前端的乏燃料除金属井,并被乏燃料除金属井中的乏燃料吊篮400接收。残留液态铅的乏燃料组件在吊装组件的带动下,以一定的速度进入乏燃料除金属井中,乏燃料除金属井从上到下的结构为:三相交变磁场(液态铅在一定速度切割交变磁场时,产生感应电流),电磁场(通有感应电流的液态铅在电磁场的作用下,被吸引至乏燃料除金属井内壁,待乏燃料组件静止在乏燃料除金属井下部时,关闭电磁场电源,电磁场区域收集的液态铅顺着电磁场的凹槽引至乏燃料除金属井底部,最后从底部被引漏至液态铅导管)。与此同时,乏燃料除金属井内壁上部安装了惰性气体吹扫装置260,高压惰性气体持续从上往下吹扫乏燃料组件,使部分液态铅在重力和惰性气体吹扫的作用下,落入乏燃料除金属井底部,最后从底部被引漏至液态铅导管,然后从液态铅导管流出。在乏燃料在到达乏燃料除金属井底部的吊篮400后,在惰性气体的吹扫的作用下,静止一段时间,以便对乏燃料组件表面残留的液态铅进行最后的清洗和回收。

[0070] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0071] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

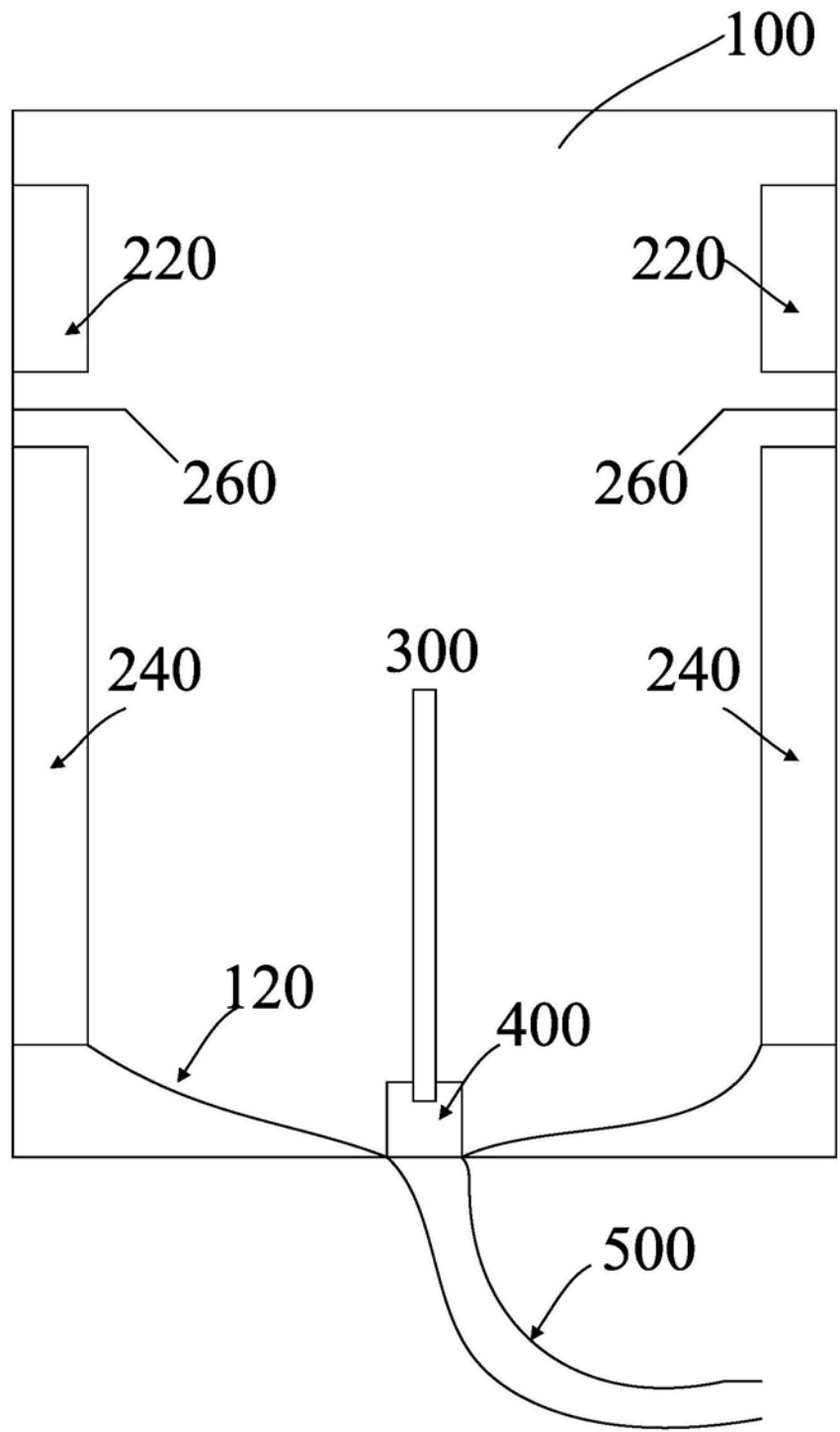


图1

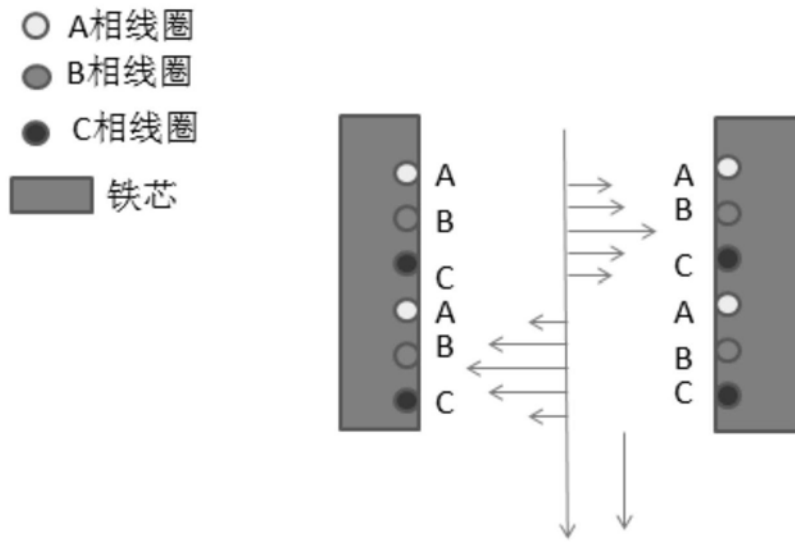


图2

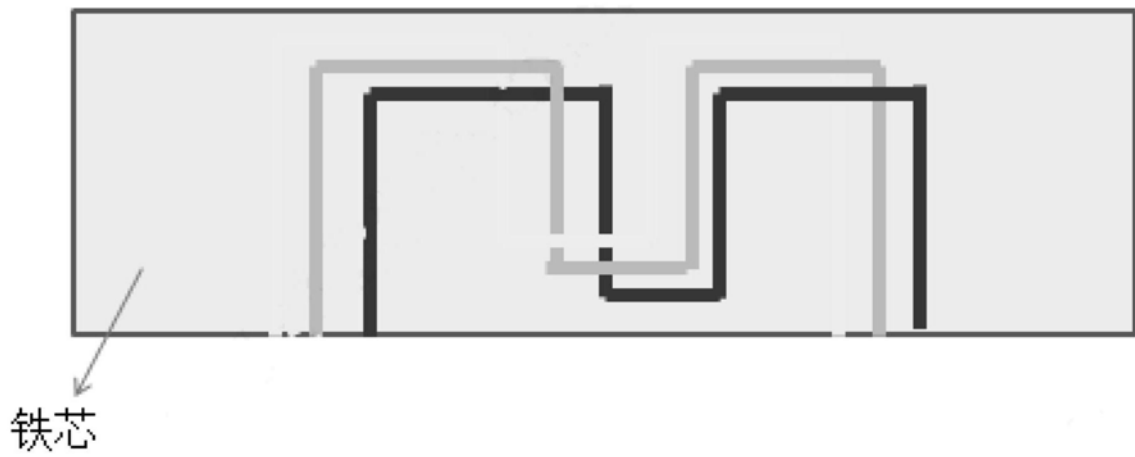
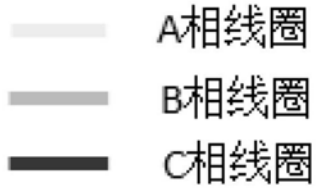


图3